

Tentti 13.1.2009, kello 9 ... 12, sali S4

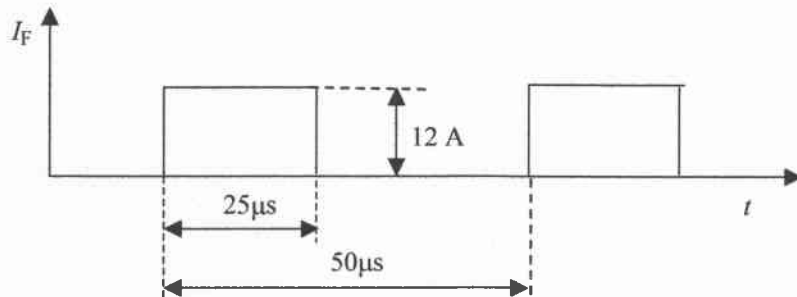
Papereihin

- sukunimi ja etunimet
- opiskelijanumero
- koulutusohjelma.

Tentissä sallitut apuvälineet

- kynät, kumit jne.
- taskulaskin
- lukion kaavakokoelma tms. + Laplace taulut

1. Selvitä lyhyesti (max. 2...4 lausetta + mahdollinen kuva), mitä seuraavilla termeillä tarkoitetaan
 - epitaksiaalimenetelmä
 - takavirran varaus
 - darlington-transistori
 - kaskodikytkentä
 - lähivaikutus.
2. Esittele IGBT:n rakenne, toimintaperiaate ja ominaisuudet.
3. Minkälaisia kondensaattoreita käytetään tehoelektronikassa? Mitkä ovat niiden ominaisuudet?
4. Taajuusmuuttajassa aiotaan käyttää Schottky-diodia C2D10120. Diodin virran oletetaan olevan yksinkertaisuuden vuoksi alla olevan kuvan mukaista. Ympäristölämpötila on $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja jännite diodin siirtyessä estotilaan 800 V . Mikä on tarvittavan jäähdytysalueen lämpövastus? Oleta katkaisuhäviöenergian olevan yhtäsuuri kuin diodin liitoskapasitanssiin varautuva energia.



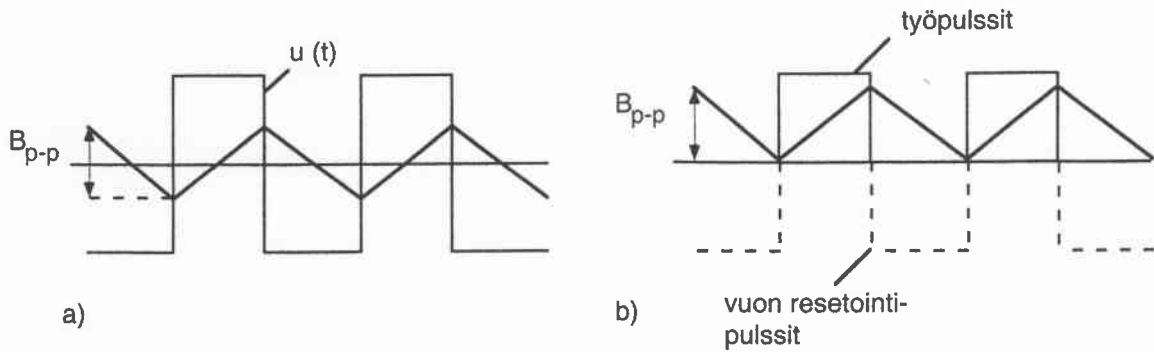
5. Erään jännitettä laskevan tasasähkökatkojan lähtövirtapulssit on tarkoitus muodostaa ferriittirenkaasta TN26/15/10-3C90 tehdyn kuristimen avulla. Kuristimen yli on 19 V jännite $10\text{ }\mu\text{s}$ ajan, jona aikana kuristimen virran halutaan kasvavan nolasta noin $0,5\text{ A}$ maksimiarvoon.
 - a) Kuinka monta johdinkierrosta pitää olla tarvittavan induktanssin aikaansaamiseksi?
 - b) Mikä on renkaan vuontiheys B maksimivirralla kyseisellä kierrosmäärällä?
 - c) Onko kyseinen ferriittirengas sopiva tähän sovellukseen? Perustele päätelmäsi.

Kaavoja seuraavalla sivulla, datalehti viimeisellä sivulla. Huom! ferriittirenkaassa ei ole ilma-
väliä!

Hakkuriteholähteissä tavallisille kantimuotoisille jännitteille pätee, kuva 11.4:

$$B_{p-p} = \frac{\int U(t) dt}{A N} \approx \frac{U t_d}{A N} \quad (11.16)$$

jossa U on t_d -mittaisen pulssin jännite, A on ferriitin poikkileikkauspinta-ala ja N on ko. käämin kierrosluku.



Kuva 11.4. Jännite ja vuontiheys eräissä tyypillisissä hakkuriteholähdemuuntajissa /8/; (a) balansoitu vuorovaihe; (b) forward-hakkuri, vertaa kuva 11.6.

$$L = \frac{N \phi}{I} \quad (11.18)$$

$$\phi = \frac{\mu_0 N I}{\frac{l_g}{A_g} + \sum \frac{l_m}{\mu A_m}} \approx \frac{\mu_0 N I}{\frac{l_g}{A_g} + \frac{l_e - l_g}{\mu A_e}} \approx \frac{\mu_0 N I}{\frac{l_g}{A_g} + \frac{C_1}{\mu}} \quad (11.19)$$

$$L \approx \frac{\mu_0 N^2}{\frac{l_g}{A_g} + \frac{C_1}{\mu}} = \frac{\mu_0 \mu_e N^2 A_e}{l_e} = A_L N^2 \quad (11.20)$$

jossa l_g ja A_g ovat ilmvälin pituus ja pinta-ala sekä l_e ja A_e ovat efektiivinen magneettipiirin pituus ja pinta-ala. μ_0 on tyhjän ($= 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m) ja μ_e ilmvälin sisältävän sydämen efektiivinen permeabiliteetti ja C_1 on sydänvakio. A_L on induktanssikerroin sydämelle tällä ilmvälillä.



C2D10120—Silicon Carbide Schottky Diode

ZERO RECOVERY® RECTIFIER

V_{RRM}	= 1200 V
I_F	= 10 A
Q_c	= 61 nC

Features

- 1200-Volt Schottky Rectifier
- Zero Reverse Recovery Current
- Zero Forward Recovery Voltage
- High-Frequency Operation
- Temperature-Independent Switching Behavior
- Extremely Fast Switching
- Positive Temperature Coefficient on V_F

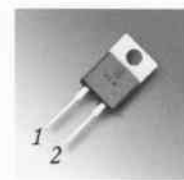
Benefits

- Replace Bipolar with Unipolar Rectifiers
- Essentially No Switching Losses
- Higher Efficiency
- Reduction of Heat Sink Requirements
- Parallel Devices Without Thermal Runaway

Applications

- Switch Mode Power Supplies
- Power Factor Correction
- Motor Drives

Package



TO-220-2



Part Number	Package	Marking
C2D10120A	TO-220-2	C2D10120

Maximum Ratings

Symbol	Parameter	Value	Unit	Test Conditions	Note
V_{RRM}	Repetitive Peak Reverse Voltage	1200	V		
V_{RSM}	Surge Peak Reverse Voltage	1200	V		
V_{DC}	DC Blocking Voltage	1200	V		
$I_{F(AVG)}$	Average Forward Current	10 22	A	$T_C=160^{\circ}C$ $T_C=125^{\circ}C$	
$I_{F(Peak)}$	Peak Forward Current	25	A	$T_C=125^{\circ}C$, $T_{REP}<1$ mS, Duty=0.5	
I_{FRM}	Repetitive Peak Forward Surge Current	50	A	$T_C=25^{\circ}C$, $t_p=10$ ms, Half Sine Wave	
I_{FSM}	Non-Repetitive Peak Forward Surge Current	250	A	$T_C=25^{\circ}C$, $t_p=10$ μ s, Pulse	
P_{tot}	Power Dissipation	312 104	W	$T_C=25^{\circ}C$ $T_C=125^{\circ}C$	
T_J, T_{stg}	Operating Junction and Storage Temperature	-55 to +175	$^{\circ}C$		
	TO-220 Mounting Torque	1 8.8	Nm lbf-in	M3 Screw 6-32 Screw	

Subject to change without notice.
www.cree.com/power

Datasheet: C2D10120 Rev. C



Electrical Characteristics

Symbol	Parameter	Typ.	Max.	Unit	Test Conditions	Note
V_F	Forward Voltage	1.6 2.5	1.8 3.0	V	$I_F = 10\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $I_F = 10\text{ A}$, $T_J = 175^\circ\text{C}$	
I_R	Reverse Current	10 20	200 1000	μA	$V_R = 1200\text{ V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_R = 1200\text{ V}$, $T_J = 150^\circ\text{C}$	
Q_C	Total Capacitive Charge	61		nC	$V_R = 1200\text{ V}$, $I_F = 10\text{ A}$ $dI/dt = 500\text{ A}/\mu\text{s}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	
C	Total Capacitance	1000 80 59		pF	$V_R = 0\text{ V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$, $f = 1\text{ MHz}$ $V_R = 200\text{ V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$, $f = 1\text{ MHz}$ $V_R = 400\text{ V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$, $f = 1\text{ MHz}$	

Note:

1. This is a majority carrier diode, so there is no reverse recovery charge.

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Typ.	Unit
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance from Junction to Case	0.48	$^\circ\text{C}/\text{W}$

Typical Performance

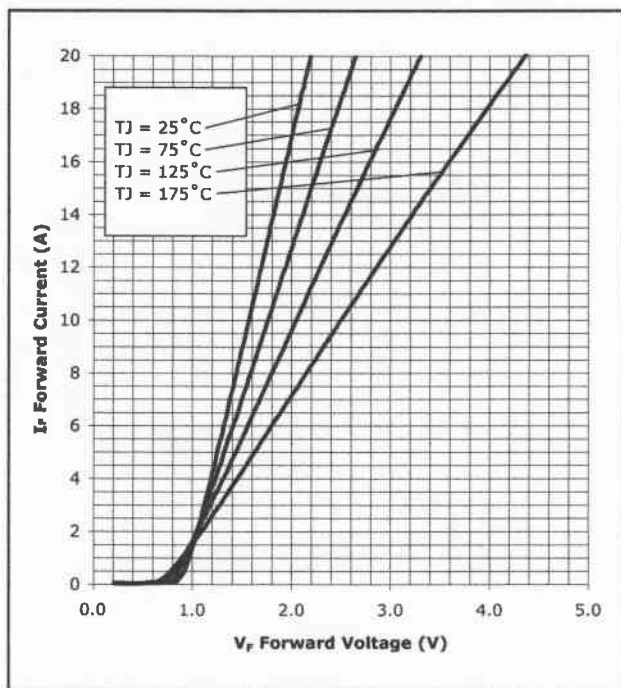


Figure 1. Forward Characteristics

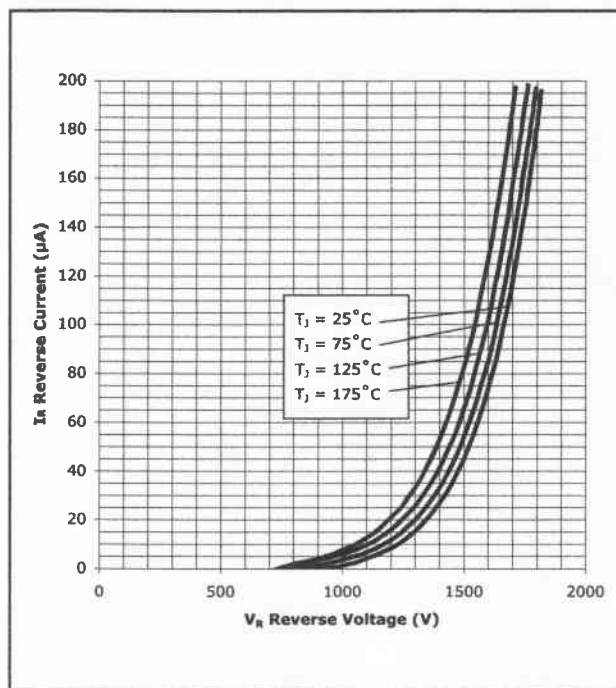


Figure 2. Reverse Characteristics



Typical Performance

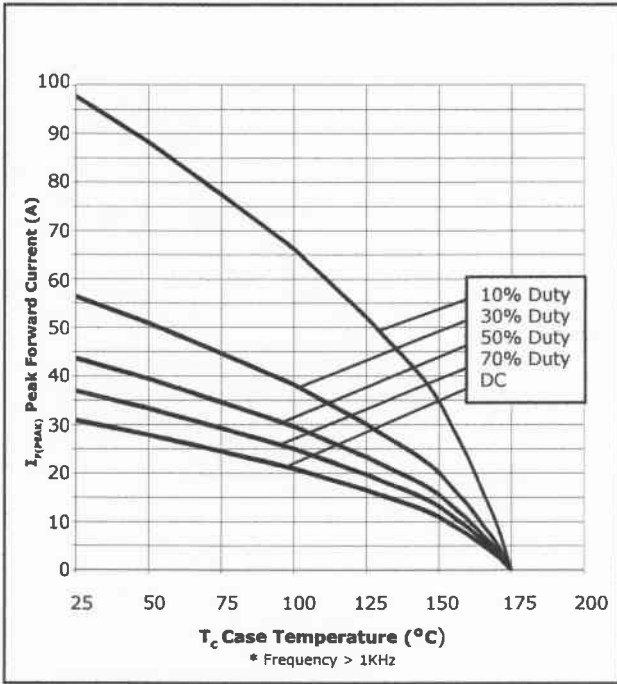


Figure 3. Current Derating

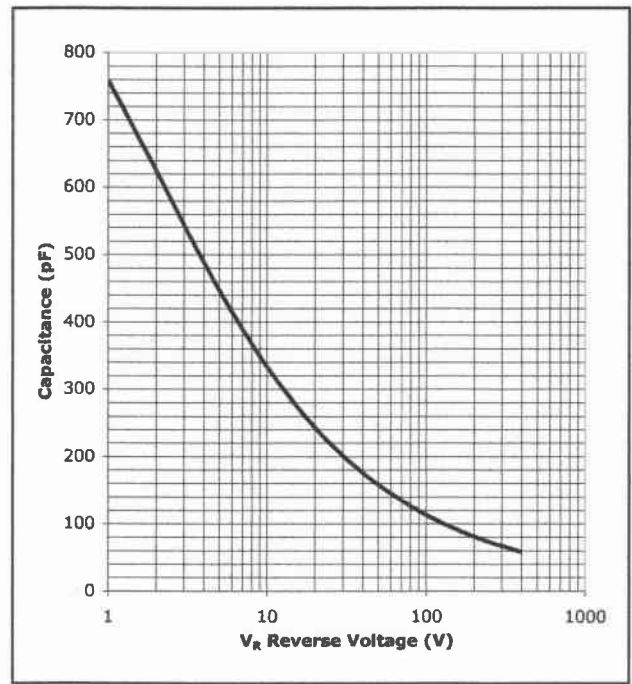


Figure 4. Capacitance vs. Reverse Voltage

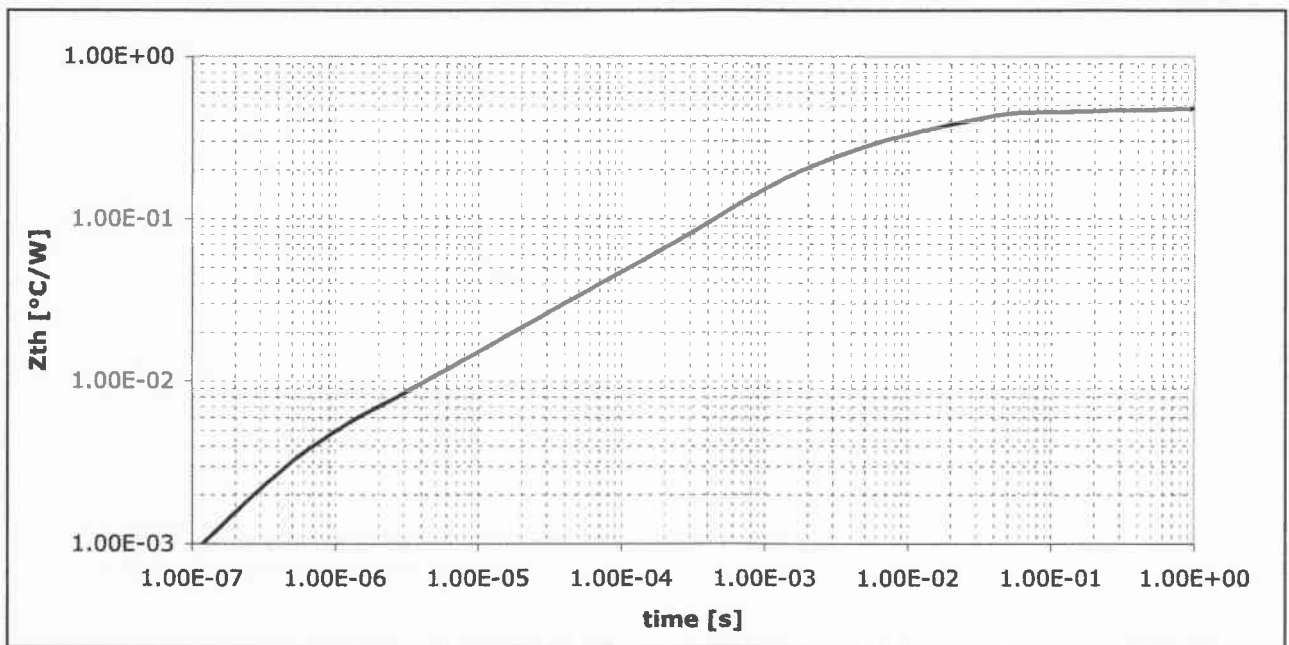
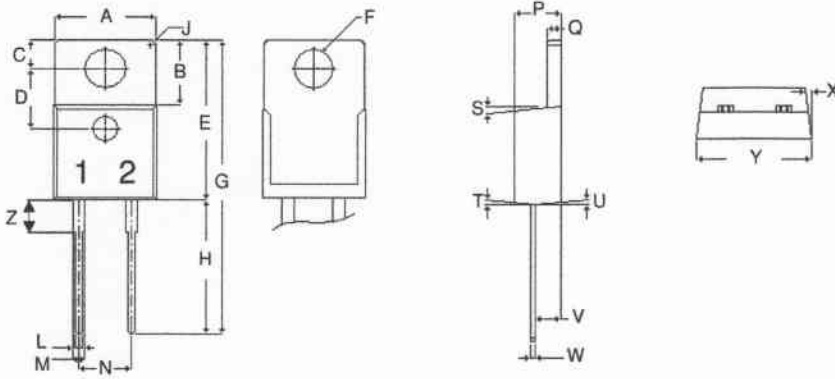


Figure 5. Transient Thermal Impedance



Package Dimensions

Package TO-220-2



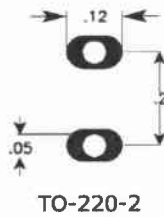
POS	Inches		Millimeters	
	Min	Max	Min	Max
A	.381	.410	9.677	10.414
B	.235	.255	5.969	6.477
C	.100	.120	2.540	3.048
D	.223	.337	5.664	8.560
E	.590	.615	14.986	15.621
F	.143	.153	3.632	3.886
G	1.105	1.147	28.067	29.134
H	.500	.550	12.700	13.970
J	R 0.197		R 0.197	
L	.025	.036	.635	.914
M	.045	.055	1.143	1.397
N	.195	.205	4.953	5.207
P	.165	.185	4.191	4.699
Q	.048	.054	1.219	1.372
S	3°	6°	3°	6°
T	3°	6°	3°	6°
U	3°	6°	3°	6°
V	.094	.110	2.388	2.794
W	.014	.025	.356	.635
X	3°	5.5°	3°	5.5°
Y	.385	.410	9.779	10.414
Z	.130	.150	3.302	3.810

NOTE:

1. Dimension L, M, W apply for Solder Dip Finish



Recommended Solder Pad Layout



Part Number	Package	Marking
C2D10120A	TO-220-2	C2D10120

"The levels of environmentally sensitive, persistent biologically toxic (PBT), persistent organic pollutants (POP), or otherwise restricted materials in this product are below the maximum concentration values (also referred to as the threshold limits) permitted for such substances, or are used in an exempted application, in accordance with EU Directive 2002/95/EC on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS), as amended through April 21, 2006."

This product has not been designed or tested for use in, and is not intended for use in, applications implanted into the human body nor in applications in which failure of the product could lead to death, personal injury or property damage, including but not limited to equipment used in the operation of nuclear facilities, life-support machines, cardiac defibrillators or similar emergency medical equipment, aircraft navigation or communication or control systems, air traffic control systems, or weapons systems.

Copyright © 2006-2007 Cree, Inc. All rights reserved. The information in this document is subject to change without notice. Cree, the Cree logo, and Zero Recovery are registered trademarks of Cree, Inc.

Cree, Inc.
4600 Silicon Drive
Durham, NC 27703
USA Tel: +1.919.313.5300
Fax: +1.919.313.5451
www.cree.com/power

Ferrite toroids

TN26/15/10

RING CORES (TOROIDS)

Effective core parameters

SYMBOL	PARAMETER	VALUE	UNIT
$\Sigma(l/A)$	core factor (C1)	1.08	mm ⁻¹
V_e	effective volume	3360	mm ³
l_e	effective length	60.1	mm
A_e	effective area	55.9	mm ²
m	mass of core	≈ 17	g

Coating

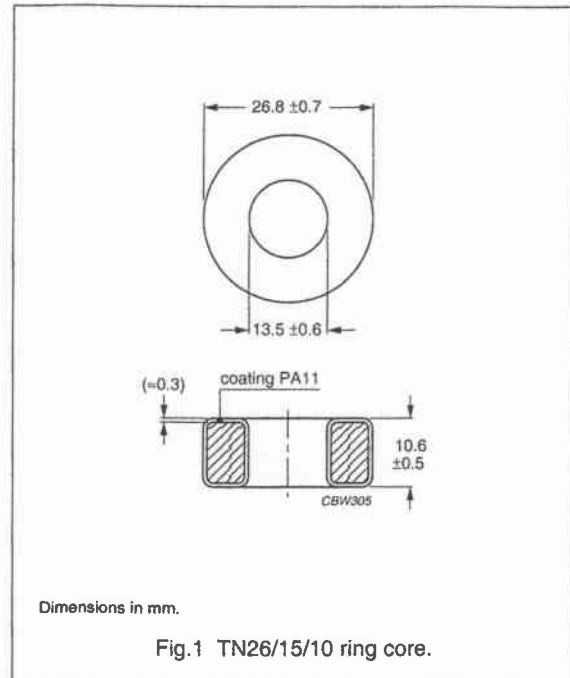
The cores are coated with polyamide 11 (PA11), flame retardant in accordance with "UL 94V-2"; UL file number E 45228 (M).

The colour is white.

Isolation voltage

DC isolation voltage: 2000 V.

Contacts are applied on the edge of the ring core, which is also the critical point for the winding operation.



Ring core data

GRADE	A_L (nH)	μ_i	TYPE NUMBER
4A11	990 ± 25%	≈ 700 ⁽¹⁾	TN26/15/10-4A11
3C90	2645 ± 25%	≈ 2300	TN26/15/10-3C90
3C11	5000 ± 25%	≈ 4300	TN26/15/10-3C11
3E25	6420 ± 25%	≈ 5500	TN26/15/10-3E25

1. Old permeability specification maintained.

Properties of cores under power conditions

GRADE	B (mT) at	CORE LOSS (W) at	
	H = 250 A/m; f = 25 kHz; T = 100 °C	f = 25 kHz; B = 200 mT; T = 100 °C	f = 100 kHz; B = 100 mT; T = 100 °C
3C90	≥ 320	≤ 0.38	≤ 0.38

Tentti: 13.1.2009 Ratkaisut

Teht. 1-3: Katsa kirja

Teht. 4Valmistaja lupaa $T_{J,max} = 175^\circ\text{C}$

Johtohäviöt:

Kuvasta 1 saadaan 12 A virralla ja 175°C lämpötilalla $V_F \approx 2,85\text{ V}$

$$\Rightarrow E_H = I_F \cdot V_F \cdot t_{ON} = 12\text{ A} \cdot 2,85\text{ V} \cdot 25\mu\text{s}$$

$$= 0,855\text{ mJ}$$

Estotilan häviöt:

800 V jännitteellä Kuvasta 2 $I_R \approx 2,5\mu\text{A}$
Jos oletetaan, että 800 V on diodin yli koko estotilan kestoajan (ei kuvin todennäköistä \Rightarrow pahin tapaus)

$$E_{H,OFF} = V_R \cdot I_R \cdot t_{OFF} = 800\text{ V} \cdot 2,5\mu\text{A} \cdot 25\mu\text{s}$$

$$= 50\text{ nJ} \Rightarrow E_i \text{ merkitystä}$$

Häviöt siirryttäessä johtotilaan:

Valmistaja lupaa "Zero forward recovery voltage" eli häviöitä ei synny. Lisäksi liitoskapasitanssiin varastoitunut energia muuttuu lämmöksi lähinnä piirissä käytetyssä transistorissa, joka määrää jännite muutoksen.

Häviöt siirryttäessä estotilaan:

Katkaisussa jännitteen noususta vastaa diodi, joten liitoskapasitanssin latautuminen aiheuttaa häviöitä. Varman päälle-mitoituksessa diodissa muuttuu lämmöksi kapasitanssin energiaa vastaava energia (vrt. RC-suojat)

teht. 4 jatkoa

Kuvasta 4 nähdään, että liitoskapasitanssi riippuu jännitteestä merkittävästi. Lisäksi käyrä loppuu 400 V kohtaan. Extrapoloiden saadaan 800 V jännitteelle $C \approx 40 \text{ pF}$

$$\Rightarrow E_{\text{REC}} = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} 40 \text{ pF} \cdot (800 \text{ V})^2 \approx 0.013 \text{ mJ}$$

Siten häviöt katkaisussa ovat vain noin 1,5% johtohäviöistä. Ei siis kannata tutkia tarkemmin mitä kapasitanssin jänniteriippuvuus vaikuttaisi häviöihin.

Kokonaishäviöt ovat siten keskimäärin

$$P_H = f (E_H + E_{\text{REC}}) = \frac{1}{50 \mu\text{s}} (0,855 \text{ mJ} + 0,013 \text{ mJ})$$

$$\approx 17,4 \text{ W}$$

Datalehden mukaan $R_{\text{thJC}} = 0,48 \text{ }^\circ\text{C/W}$

Koska kytkentätaajuus on $\gg 1 \text{ kHz}$ voidaan mitoitus tehdä tällä pysyvän tilan lämpövoantulusella ja keskimääräistä häviötehoa.

$$R_{\text{thCA}} \leq \frac{T_{\text{Jmax}} - R_{\text{thJC}} \cdot P_H - T_A}{P_H}$$

$$\approx \frac{175^\circ\text{C} - 0,48^\circ\text{C/W} \cdot 17,4 \text{ W} - 60^\circ\text{C}}{17,4 \text{ W}}$$

$$\approx \underline{\underline{6,13^\circ\text{C/W}}}$$

5)

- a) Halutaan siis että 19V jännite aiheuttaa 0,5A virranmuutoksen 10 μ s aikana.

Induktanssin on siis oltava

$$L = U \cdot \frac{t_d}{\Delta I} = 19V \cdot \frac{10\mu s}{0,5A} \approx 380\mu H$$

Datalehdessä nähdään, että induktanssi-kerroin $A_L = 2645 \text{ nH}$. Siten kierroksia on oltava:

$$N = \sqrt{\frac{L}{A_L}} = \sqrt{\frac{380\mu H}{2645 \text{ nH}}} \approx 12$$

- b) Kaavan (11.16) avulla, kun $A_e = 55,9 \text{ mm}^2$

$$B = \frac{U \cdot t_d}{A_e \cdot N} = \frac{19V \cdot 10\mu s}{55,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot 12} \approx 280 \text{ mT}$$

(Saman tuloksen saa tietenkin myös kaavasta $B = \frac{\Phi}{A_e} = \frac{L \cdot I}{A_e N}$)

- c) Saatua vuontihyden arvo 280 mT on aika korkea, joten sydämen häviöt voivat olla liian suuret jos kytkentätaajuus on suuri. Tämä voidaan päävälttää datalehden alimman taulukosta, jossa esitetyt häviöt on annettu yksittäisesti pienemmillä vuontihyksillä. Lisäksi arvo 280 mT on jo lähellä hyllystysvuontihyettä, joka on $\approx 320 \text{ mT}$. Voisi olla järkevää valita isompi ferrittirengas tai käyttää ilmarälin omaavaa sydäntä.